Multi Band Exponential Antenna

The article by U. Matiychenko UW4HW 'A MULTIBAND VERTICAL ANTENNA' ('Radio', 1968, No. 12, page 21) is widely distributed among radio amateurs. For reproduction of this antenna, it is not unusual for difficulties to arise in construction of the mast (it must not be entirely metallic) and the supporting isolator, being capable of sustaining significant wind loading. The UW4HW antenna, built for the 28, 21, 14 and 7 MHz bands, is free from transfer of harmonics and its input impedance on all bands is around 75 ohm.

The construction of the antenna is shown in the diagram (Fig. 1). The mast is assembled from two or three tubes of different diameter inserted one in the other. The lower section from the base to the spreaders is made of steel tube, diameter not less than 30 mm. At a distance of 10 cm from the base are attached with screws six ceramic insulators, equally spaced around the circumference of the tube. At a distance of 1.6m from the base are welded six long bolts (heads to the mast), of diameter 8-16 mm. The spreader sections are slid over the bolts and may be constructed of any metal. On the ends of the spreaders are fastened insulators with holes for the conductors. The upper part of the mast is constructed from more light tubing with a diameter of 16-20 mm at the apex. All sections must have reliable electrical continuity between them. Six radiators of copper wire, section 1.5-2 mm and isolated from the base pass through the insulators of the spreaders and attach to the apex of the mast. Feeding the antenna is achieved with 75 ohm coaxial cable. The central conductor is attached to the copper ring and the shielding to the base. From the base in a horizontal direction diverge six counterpoises of length 5.6 mm. The base of the antenna must be earthed.

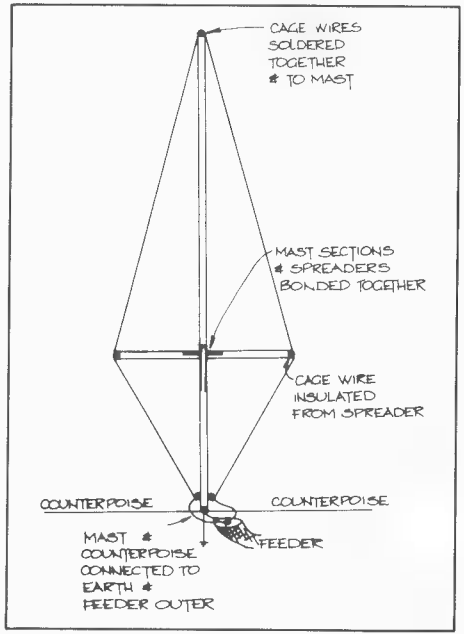

CAGE WIRES SOLDERED TOGETHER & TO MAST
MAST SECTIONS & SPREADERS BONDED TOGETHER
CAGE WIRE INSULATED FROM SPREADER
COUNTERPOISE
COUNTERPOISE
FEEDER
MAST & COUNTERPOISE CONNECTED TO EARTH & FEEDER OUTER

FIG. 1

Measurements supplied by the designer show that the input impedance, close to 75 ohm, is preserved across the 10 metre band for about 7 MHz bandwidth, and in the 40 metre band for more than 0.5 MHz bandwidth.

The reactive component of the input impedance is the 28, 21 and 14 MHz bands is close to zero. On the 7 MHz band the reactive component increases but the antenna works perfectly satisfactorily. The SWR on frequencies from 28 to 29 MHz is in the range of 1.05-1.2 and at 29.7 MHz increases to 1.5. The designer also provided SWR figures for a frequency of 144.5 MHz, which resulted in an SWR of 1.08 for a coaxial cable length of 12-14 metres.

The antenna constructed on a flat reinforced concrete roof has low power loss and obtains good reports from DX stations.

U. Zolotariev UA6HKH.

From "Radio", No. 9, 1981, page 22.

Translation courtesy of R. Hancock VK5AFZ.

TECHNICAL EDITOR'S NOTE

The Technical Editor supports the note attached by the Editor of Radio, which points out the importance of the radial system for correct and efficient operation of the antenna. The Editor of Radio also requested reports of 7 MHz performance. ■

МНОГОДИАПАЗОННАЯ ВЕРТИКАЛЬНАЯ АНТЕННА

Получившие среди коротковолновиков широкое распространение вертикальные антенны типа «Ground Plane» не обладают достаточной широкополосностью и без дополнительной подстройки могут быть применены для работы только в узкой полосе частот. Так называемые «толстые» вертикальные антенны, излучающая поверхность которых имеет разнообразные формы, свободны от этого недостатка и удовлетворительно работают в диапазоне частот с коэффициентом перекрытия до 3. Наибольшее распространение получили конические (рис. 1, *а*) и экспоненциальные (рис. 1, *б*) антенны. Волновое сопротивление конической антенны постоянно вдоль ее длины и зависит от угла α при вершине конуса. Широкополосные свойства антенны возрастают с увеличением α и достигают оптимума при $\alpha=60—70°$; в этом случае волновое сопротивление антенны равно примерно 70—80 *ом*.

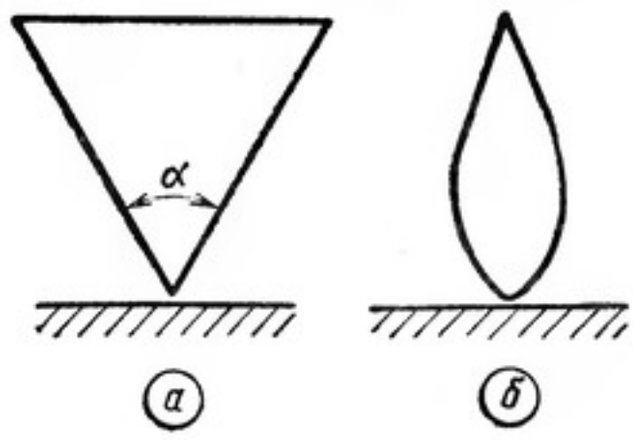


Рис. 1

Экспоненциальная антенна, волновое сопротивление которой возрастает вдоль ее длины приблизительно по экспоненциальному закону, обладает такими же широкополосными свойствами, как и коническая. В то же время экспоненциальная антенна имеет большое преимущество — ее максимальный диаметр в 3 раза меньше, чем у конической.

Для коротковолнового диапазона практически не представляется возможным осуществить антенну со сплошной излучающей поверхностью в виде фигур, изображенных на рис. 1. Подобные антенны выполняют из трубок или проводов. Для экспоненциальных антенн, кроме того, плавную огибающую заменяют ломаной.

На радиостанции UW4HW используется экспоненциальная антенна на диапазоны 14, 21 и 28 *Мгц*, конструкция которой показана на рис. 2. Излучающая система антенны образована шестью проводами, расположенными в вертикальных плоскостях под углом 60° один к другому. В основании и на вершине антенны провода электрически соединены вместе и с помощью изоляторов укреплены на несущей мачте. Последняя изготовлена из трех одинаковых по длине отрезков труб, соединенных изолирующими вставками. В качестве несущей мачты можно использовать также деревянный шест. Форма антенны обеспечивается распорками, укрепленными на уровне одной трети общей высоты антенны. Каждая распорка заканчивается изолятором, через который проходит провод антенны. При необходимости можно отказаться от установки распорок и обеспечить форму антенны с помощью растяжек, крепящихся к проводам в точках перегиба с применением изоляторов. В этом случае, если мачта имеет достаточную жесткость, можно обойтись без дополнительных растяжек.

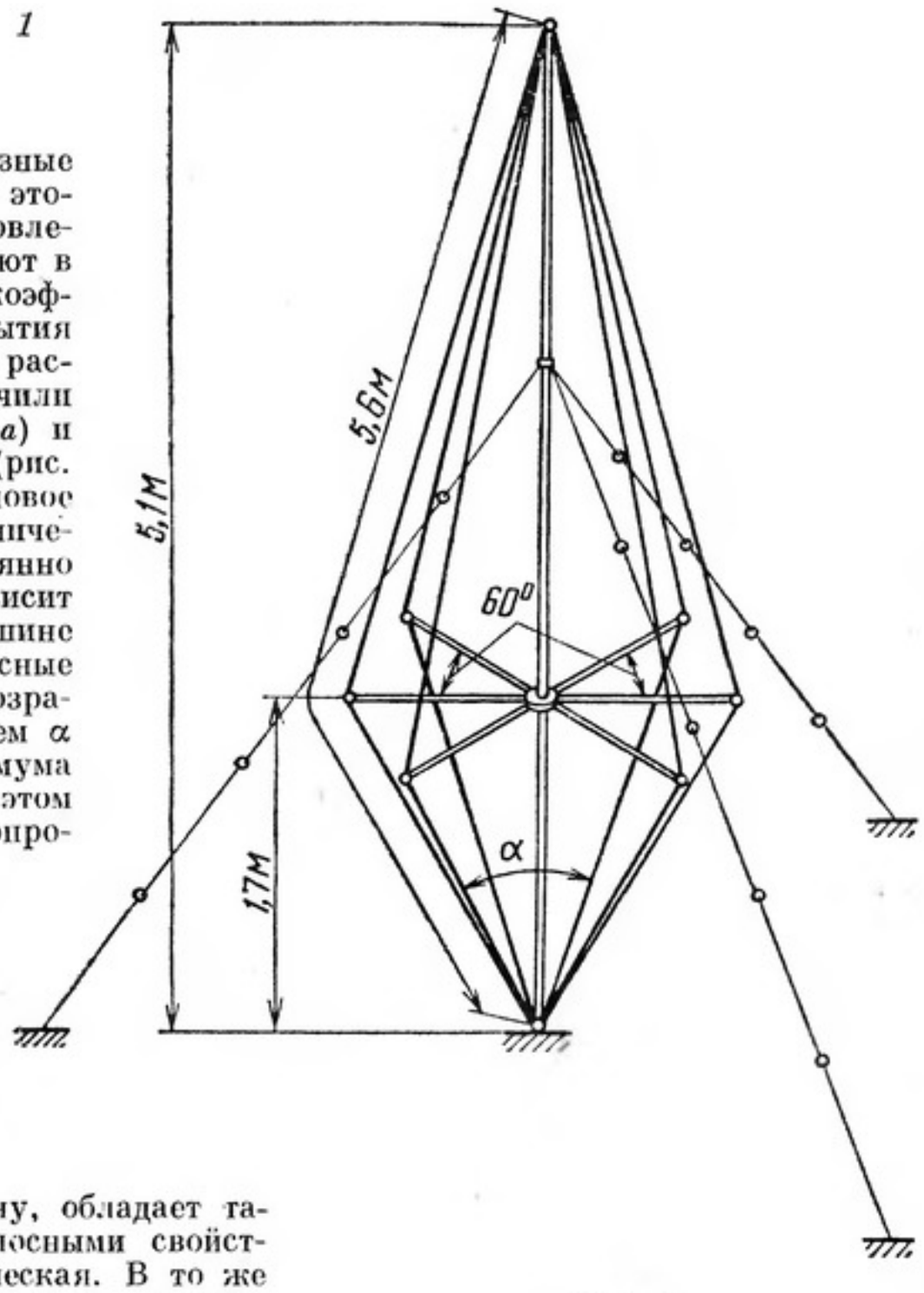


Рис. 2

Питание антенны осуществляется с помощью коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 *ом*. Центральную жилу подсоединяют к нижней точке антенны, а экранирующую оплетку — к хорошему заземлению при установке антенны непосредственно на земле или к искусственной земле, если антенна устанавливается на крыше дома. Искусственной землей может служить металлическая крыша или шесть горизонтальных проводов, радиально расходящихся от основания антенны. Провода искусственной земли располагаются в одних вертикальных плоскостях с соответствующими излучающими проводами антенны и имеют длину, равную длине излучающих проводов.

Антенна и искусственная земля выполнены из медного провода диаметром 1,5 *мм*. Практически измеренные значения КСВ в диапазоне частот от 14,0 до 29,7 *Мгц* находятся в пределах 1,2—1,9. Расчет размеров антенны для других диапазонов частот несложно произвести, задаваясь длиной проводов антенны в пределах $(0{,}24—0{,}28)\,\lambda_{мин}$ и углом α у основания антенны в пределах 60—70°.

Опыт использования описываемой антенны показывает, что по своим характеристикам она превосходит антенну типа «Ground Plane» и благодаря простоте исполнения может успешно применяться в радиолюбительской практике.

Инж. Ю. МАТИЙЧЕНКО (UW4HW),
мастер спорта СССР

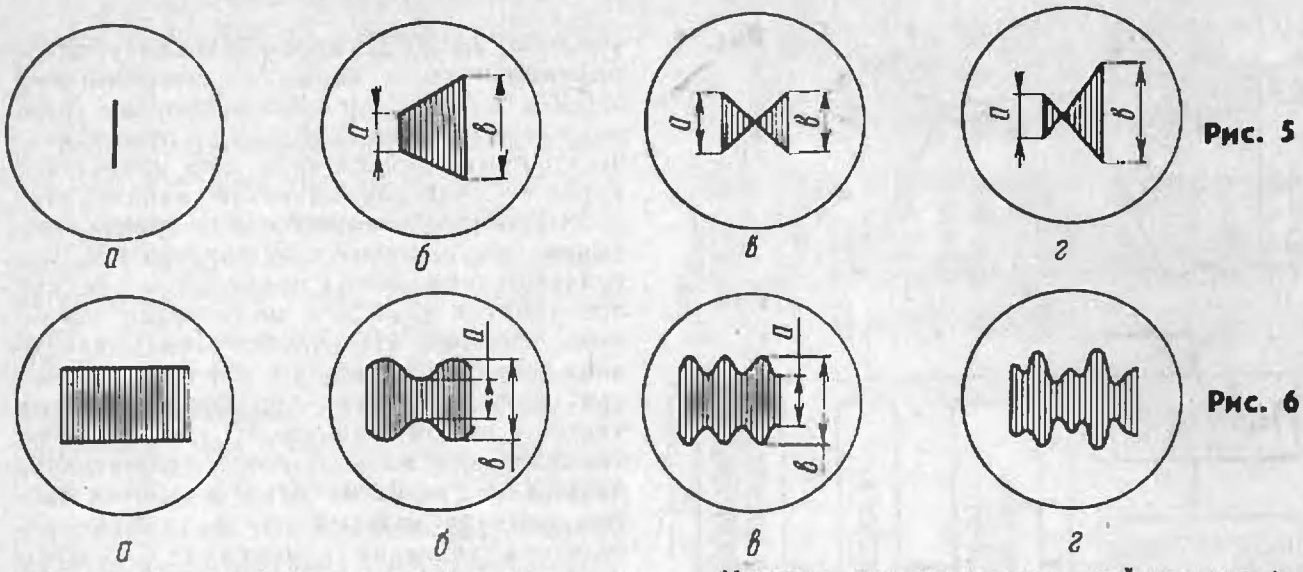


Рис. 5

Рис. 6

давление несущей или боковой также можно рассчитать по формуле (2).

ИСПЫТАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

Для испытания линейности усилителя мощности SSB сигнала обычно применяют двухтональный модулирующий сигнал (два синусоидальных звуковых колебания одинаковой амплитуды). Рекомендуется брать частоты 1350 и 2350 Гц или 1550 и 2150 Гц. Один из генераторов двухтонального сигнала описан в «Радио» (Г. Шульгин. Генератор двухтонального сигнала. — «Радио», 1981. № 4). Выходное напряжение идеально линейного усилителя имеет вид рис. 7, *а*. На рис. 7, *б* показана форма огибающей при искривлении амплитудной характеристики на ее начальном участке, а на рис. 7, *в* — на конечном, при больших уровнях пиковой мощности.

При помощи анализатора спектра или узкополосного приемника при испытании двумя тонами можно измерить уровень продуктов взаимной модуляции, образующихся в спектре выходного сигнала передатчика из-за нелинейности. Спектр выходного сигнала показан на рис. 8. Здесь A_{01} и A_{02} — полезные компоненты, а остальные — близкие к занимаемой полосе нежелательные продукты нечетных порядков. Уровень самой мощной из компонент взаимной модуляции должен быть на 25 дБ (а желательно и на 35 дБ) ниже, чем уровень любой из полезных компонент.

Уровень продуктов взаимной модуляции зависит от уровня модулирующего сигнала. Стремясь, чтобы далекий коллега услышал слабый сигнал, оператор нередко начинает громко говорить в микрофон, забывая, что при этом сильно расширяется занимаемая полоса излучения. Чтобы этого не происходило, применяют ограничение и компрессию модулирующего напряжения, автоматическую регулировку уровня сигнала.

Особое внимание при налаживании линейных усилителей следует обратить на выбор и стабилизацию режимов ламп и транзисторов, стабильность источников питающих напряжений при работе на изменяющуюся нагрузку, устранение паразитных связей. Для повышения линейности применяют отрицательные обратные связи по высокой частоте и по огибающей, каскады на лампах, включенных по схеме с общей сеткой, специальные лампы с повышенной линейностью. Улучшить линейность амплитудной характеристики всего SSB тракта можно рациональным выбором режимов предоконечных ступеней усиления, например переводом их в класс АВ или А, увеличением уровня несущей в балансном модуляторе, шунтированием межкаскадных контуров, а также за счет обеспечения во всем диапазоне недонапряженного режима выходной ступени при всех реальных уровнях возбуждения.

С целью снижения внеполосных излучений полезно ограничивать спектры модулирующего и манипулирующего сигналов фильтрами и формирующими цепями.

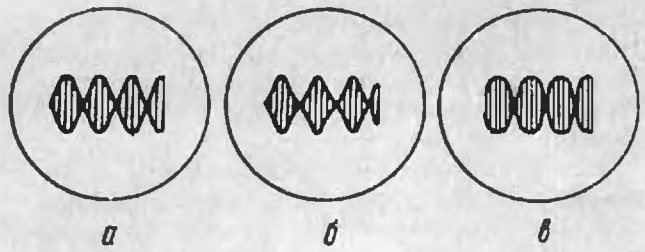
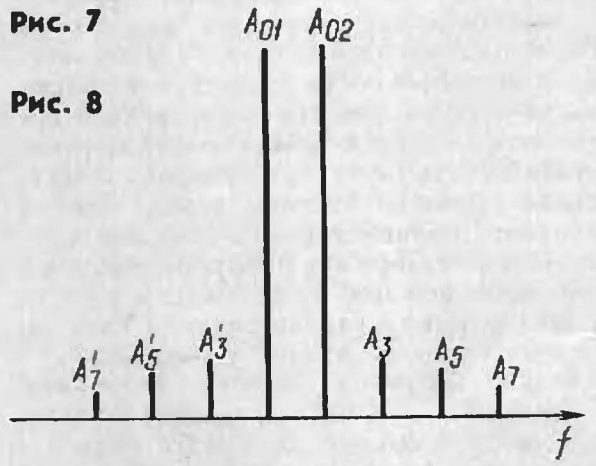


Рис. 7

Рис. 8



ПОБОЧНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

При измерениях уровня побочных излучений удобен метод замещения. На расстоянии нескольких длин волн от работающего на антенну передатчика, модулированного тоном 1000 Гц, индикатором измеряют в относительных единицах напряженность поля $E_{\text{п}}$ исследуемого излучения (например, гармоники сигнала передатчика). Индикатором может служить вольтметр, подключенный к выходу усилителя ПЧ приемника. Усиление приемника при этом надо сделать близким к максимальному, а в качестве приемной антенны использовать предельно короткий кусок провода, чтобы иметь уверенность в том, что принята гармоника, действительно излучаемая передатчиком, а не помеха, образовавшаяся в нелинейных усилительных элементах приемника. Затем антенна передатчика переключается к вспомогательному генератору на той же частоте, что и исследуемое побочное излучение. Измеряют мощность $P'_{\text{п}}$, отдаваемую этим генератором, и новую напряженность поля $E'_{\text{п}}$. Мощность побочного излучения передатчика рассчитывают по формуле $P_{\text{п}} = P'_{\text{п}} (E_{\text{п}} / E'_{\text{п}})^2$.

г. Горький

Радиоспортсмены о своей технике

ПОДЪЕМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ «INVERTED VEE»

Для антенны "Inverted Vee" удобно использовать мачту, снабженную подъемным устройством, аналогичным тому, что используется на флагштоке. Вершину антенны через изоляторы прикрепляют к тросу. К нему же, по мере подъема антенны, прикрепляют фидер (например, изоляционной лентой).

А. ШЕРСТНЕВ (UA4CCS)

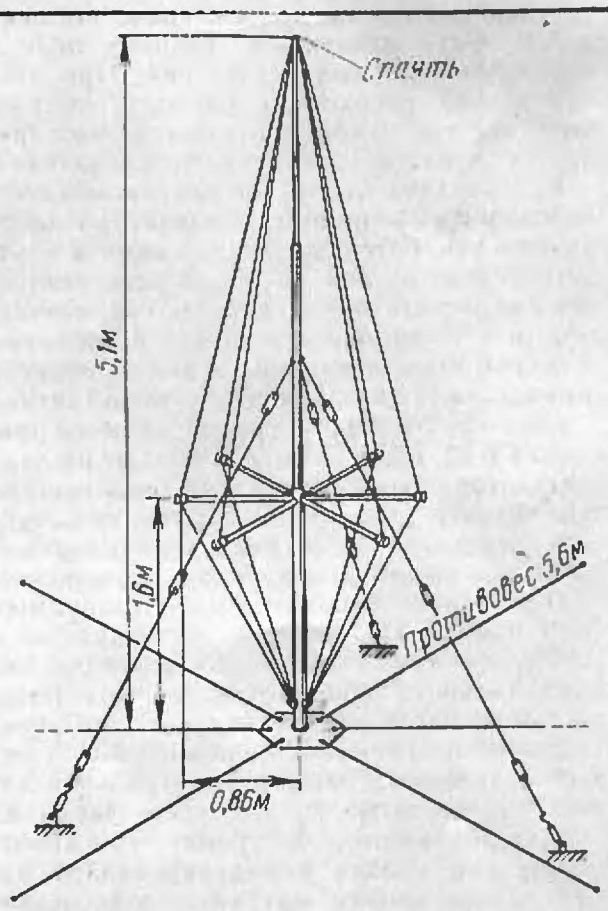
пос. Татищево
Саратовской обл.

МНОГОДИАПАЗОННАЯ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ АНТЕННА

Среди радиолюбителей широко распространена антенна на диапазоны 28,21 и 14 МГц, описанная Ю. Матийченко (UW4HW) в статье «Многодиапазонная вертикальная антенна» (см. «Радио», 1968, № 12, с. 21). При повторении этой антенны нередко возникают затруднения в изготовлении мачты (она не должна быть цельнометаллической) и опорного изолятора, способного выдерживать значительную ветровую нагрузку.

На базе антенны UW4HW автором была изготовлена антенна на диапазоны 28, 21, 14 и 7 МГц, свободная от перечисленных выше недостатков. На всех диапазонах ее входное сопротивление составляет примерно 75 Ом.

Конструкция антенны показана на рисунке. Мачта собрана из двух-трех труб разного диаметра, входящих одна в другую. Нижняя секция, от основания до распорок, изготовлена из стальной трубы диаметром не менее 30 мм. На расстоянии 10 см от основания по ее окружности равномерно прикреплены винтами шесть керамических изоляторов (роликов для открытой электропроводки), а на расстоянии 1,6 м от основания приварены шесть длинных болтов (головками к мачте), диаметр которых равен внутреннему диаметру трубок-распорок (8...16 мм). Распорные трубки могут быть



БАЛАНСНЫЙ МОДУЛЯТОР

В. ПОЛЯКОВ (RA3AAE)

Для получения амплитудномодулированных колебаний с подавленной несущей в технике связи обычно используют диодные балансные и кольцевые модуляторы. Они отлично работают на сравнительно низких частотах, но на частотах выше 10 МГц у таких модуляторов ухудшается точность балансировки и соответственно подавление несущей. Это обусловлено трудностью подбора диодов с идентичными характеристиками и возрастающим на ВЧ вредным шунтирующим действием емкостей диодов.

Предлагаемый балансный модулятор* в значительной мере лишен этого недостатка. Он выполнен по Т-образной мостовой схеме (рис. 1). Собственно Т-мост содержит симметричный высокочастотный трансформатор *T1* и два сопротивления *Z1* и *Z2*. Они могут быть как активными, так и реактивными (индуктивными или емкостными). Коэффициент передачи (отношение выходного напряжения $U_{вых}$ к напряжению, развиваемому генератором несущей *G1*) Т-моста равен нулю при условии $Z1 = Z2$. Если сопротивление *Z2* увеличить, на выходе моста появляется напряжение, синфазное с напряжением генератора, поскольку будет преобладать ток в продольной ветви моста, содержащей *Z1*. Если же сопротивление *Z2* уменьшить, то будет преобладать ток, текущий через левую (по схеме) половину обмотки трансформатора *T1* и поперечную ветвь — сопротивление *Z2*. На выходе в этом случае появится напряжение, наведенное в правой половине обмотки и противофазное напряжению генератора. Таким образом, изменяя в такт со звуковой частотой сопротивление одного из плеч моста, можно получить DSB сигнал.

Практическая схема модулятора, работающего на несущей частоте 28 МГц, приведена на рис. 2. Сопротивлением продольной ветви *Z1* служит емкостное

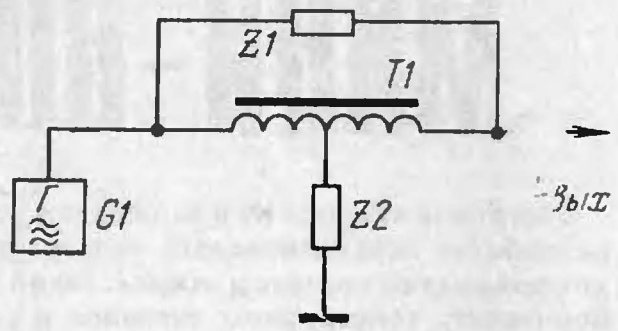


Рис. 1

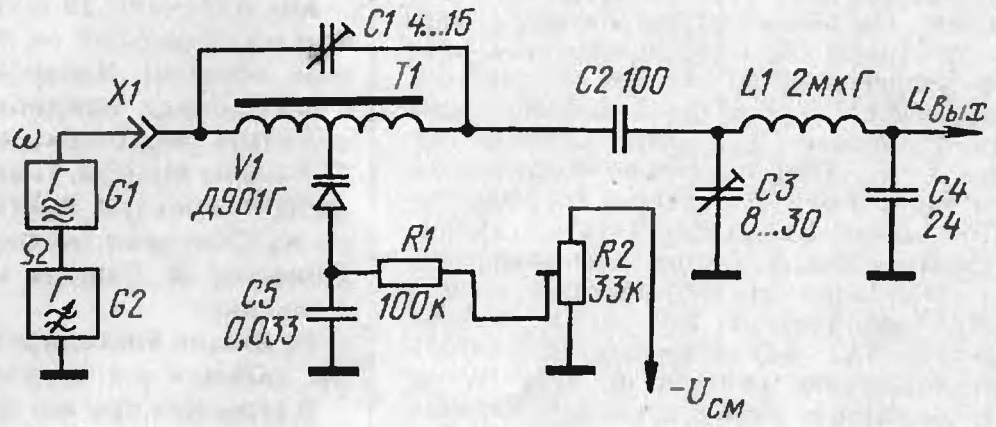
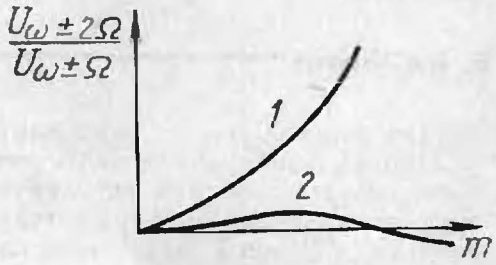


Рис. 2

Рис. 3



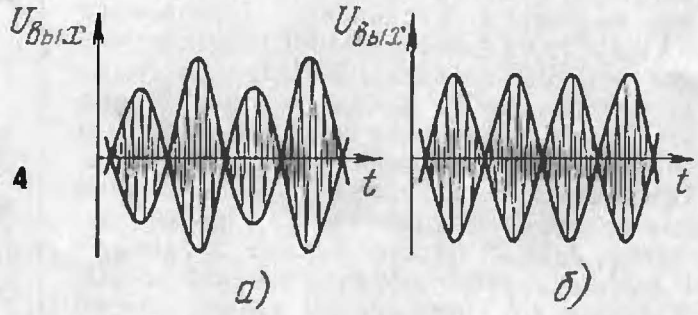


Рис. 4

сопротивление конденсатора *C1*, а поперечной *Z2* — емкостное сопротивление варикапа *V1*. Напряжение смещения подается на варикап с подстроечного резистора *R2*, которым балансируют модулятор. Если у источника смещения с общим проводом соединен отрицательный вывод, то следует изменить включение варикапа на противоположное. Емкость конденсатора *C1* должна быть в четыре раза меньше емкости варикапа при данном напряжении смещения. Когда на варикап воздействует звуковое модулирующее напряжение, его емкость изменяется и Т-мост разбалансируется в ту или другую сторону, обеспечивая амплитудную модуляцию с подавлением несущей.

Напряжения несущей ω и звуковой Ω частот подают на модулятор (генераторы *G1* и *G2*, в принципе, могут быть включены как последовательно, так и параллельно). При этом входное сопротивление для звуковой частоты получается очень большим и достигает десятков мегаом. Благодаря этому модулятор можно подключать к любому высокоомному источнику НЧ сигнала *G2*, например *RC* фазовращателю (при конструировании фазового *SSB* возбудителя). Модулирующее напряжение можно подвести и по-другому: к верхнему выводу конденсатора *C5*, уменьшив его емкость до 1000...3000 пФ во избежание завала высших звуковых частот. Входное сопротивление тогда будет равно сопротивлению резистора цепи смещения *R1*. Движок переменного резистора *R2* следует соединить с общим проводом через конденсатор емкостью 0,1...10 мкФ. Входное сопротивление модулятора для генератора несущей частоты *G1* значительно меньше, оно носит емкостный характер и составляет примерно 200 Ом.

Разделительный конденсатор *C2* препятствует попаданию звукового напряжения на выход модулятора. Для согласования модулятора с нагрузкой служит П-контур *L1C3C4*, настроенный на частоту сигнала. При номиналах конденсаторов, указанных на рис. 2, модулятор хорошо согласуется с высокоомной нагрузкой (усилительным каскадом, выполненным на лампе или полевом транзисторе). Для согласования с низкоомной нагрузкой следует использовать конденсатор *C4* большей емкости, добиваясь максимальной отдачи мощности промодулированного сигнала. П-контур обеспечивает хорошую фильтрацию гармоник несущей с частотами *2ω*, *3ω* и т. д. Подстраивая этот контур, можно добиться и хорошей линейности модулятора.

Нелинейные искажения при работе модулятора на активную нагрузку проявляются так: амплитуда выходного сигнала при отрицательной полуволне модулирующего напряжения (когда емкость варикапа возрастает) несколько больше,

*Авторское свидетельство № 627560, бюллетень № 34 от 5.10.78.

из любого металла. На их конце закрепляют изоляторы (ролики) или вставки из изолирующего материала с отверстиями для провода.

Верхняя часть мачты выполнена из более легких труб с диаметром у вершины 16...20 мм. Между собой все секции должны иметь надежное электрическое соединение. Шесть лучей из медной проволоки сечением 1,5...2 мм от изоляторов основания, соединенных кольцом из медной проволоки, пропущены через изоляторы распорок и прикреплены к вершине мачты. Верхнее и нижнее соединения лучей пропаяны.

Питание на антенну подано 75-омным коаксиальным кабелем. Средняя жила подключена к медному кольцу, а оплетка к основанию. От него в горизонтальном направлении расходятся шесть противовесов длиной 5,6 м. Основание антенны должно быть заземлено.

Измерения, проводимые автором, показывают, что входное сопротивление, близкое к 75 Ом, сохраняется на диапазоне 10 м в полосе около 7 МГц, а на диапазоне 40 м — в полосе более 0,5 МГц. Реактивная составляющая входного сопротивления на диапазонах 28, 21 и 14 МГц близка к нулю. На диапазоне 7 МГц реактивная составляющая возрастает, однако антенна работает вполне удовлетворительно. КСВ на частотах от 28 до 29 МГц находится в пределах 1,05...1,2 и на 29,7 МГц увеличивается до 1,5.

Автор проверил также КСВ на частоте 144,5 МГц. Он составил 1,08 при длине питающего кабеля 12...14 м.

Антенна, установленная на плоской железобетонной крыше, испытывалась при подводимой мощности 2 Вт и получила хорошие отзывы от дальних корреспондентов.

Ю. ЗОЛОТАРЕВ (UA6HKH)

г. Ессентуки
Ставропольского края

Примечание редакции. Необходимо отметить, что «широкополосность» вертикальных антенн обычно обусловлена неэффективным (с точки зрения радиотехники) «заземлением». Такие антенны при трех-шести противовесах длиной в четверть длины волны имеют из-за этого и относительно невысокий КПД.

Вызывают определенный интерес результаты, полученные автором со столь короткой антенной на диапазоне 7 МГц, поэтому редакция будет интересно узнать об экспериментах с этой антенной, проведенных другими радиолюбителями.